

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants : Masayuki Momiuchi et al.
Serial No. : Not yet assigned
Filed : Herewith By Express Mail
For : LASER DEVICE AND OPHTHALMOLOGICAL SURGICAL
SYSTEM
Examiner : Not Yet Assigned
Art Unit : Not Yet Assigned
Attorney
Docket No. : 463P108

Commissioner of Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450
Mail Stop: Patent Application


Sir:

CLAIM OF PRIORITY

Applicants hereby claim priority of their Japanese Patent
Application, Application number: 2002-304955 filed October 18,
2002.

A certified copy of said patent application as filed in Japan
is enclosed herewith.

Very respectfully,

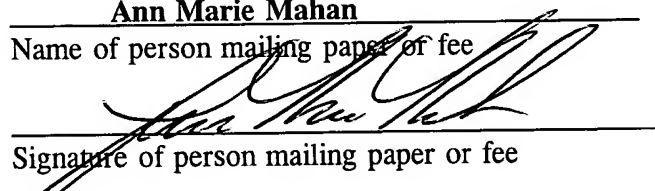

Kevin S. Lemack
Registration No., 32,579
Attorney for Applicant
Niels & Lemack
176 E. Main Street - Suite 7
Westboro, Massachusetts 01581
TEL: (508) 898-1818

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants : Masayuki Momiuchi et al.
Serial No. : Not yet assigned
Filed : Herewith By Express Mail
For : LASER DEVICE AND OPHTHALMOLOGICAL SURGICAL
SYSTEM
Examiner : Not yet assigned
Art Unit : Not yet assigned
Attorney
Docket No. : 463P108
Type of paper : Claim of Priority Transmittal Letter, together with a Certified
copy of Japanese Patent Application No. 2002-304955 filed
10/18/02

"EXPRESS MAIL" MAILING LABEL NO. **ER247803178US**
DATE OF DEPOSIT: September 30, 2003

I hereby certify that this patent application is being deposited with the United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee" Service under 37 CFR 1.10 on the date indicated above and is addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, **Mail Stop: Patent Application**, Alexandria, VA 22313-1450.

Ann Marie Mahan
Name of person mailing paper or fee

Signature of person mailing paper or fee

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 0 月 1 8 日
Date of Application:

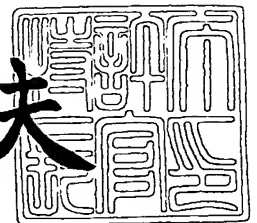
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 0 4 9 5 5
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 3 0 4 9 5 5]

出 願 人 株式会社トプコン
Applicant(s):

2 0 0 3 年 8 月 1 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 7 3 3 2

【書類名】 特許願

【整理番号】 PT140902

【提出日】 平成14年10月18日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 A61F 9/00

【発明の名称】 レーザ装置及び眼科用手術装置

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号 株式会社トプコン内

 【氏名】 初内 正幸

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号 株式会社トプコン内

 【氏名】 江野 泰造

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号 株式会社トプコン内

 【氏名】 後藤 義明

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号 株式会社トプコン内

 【氏名】 提橋 秀夫

【特許出願人】

 【識別番号】 000220343

 【氏名又は名称】 株式会社トプコン

【代理人】

 【識別番号】 100083563

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 三好 祥二

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 058584

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9002867

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】

レーザー装置及び眼科用手術装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザビーム発光部が光共振部を具備し、射出されるレーザービームのビーム品質のパラメータ M^2 が $8 \leq M^2 \leq 22$ となる様に、少なくとも前記光共振部を構成する共振器の共振器長、反射鏡の曲率の 1 つを決定したことを特徴とするレーザー装置。

但し、 $M^2 = \pi W \cdot \Theta / \lambda$ (W : レーザビームのビームウエスト、 Θ : 広が角、 λ : レーザビームの波長)

【請求項 2】 ビーム品質のパラメータ M^2 が $8 \leq M^2 \leq 22$ であるレーザービームを射出する請求項 1 のレーザー装置を具備する眼科用手術装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はレーザー装置、特に光凝固装置等の眼科用手術装置に用いられるレーザー装置及び該レーザー装置を具備する眼科用手術装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年ではレーザービームの高いエネルギー密度を利用して、非接触で治療部位の光凝固、除去、切開等が行え、出血の防止、細菌の汚染の無い手術装置として眼科用手術装置が普及している。

【0003】

レーザービームを用いた眼科用手術装置では、人眼の瞳を通してレーザービームを治療部位に照射し、光凝固、除去、切開等を行っている。

【0004】

図 4 は光凝固装置の模式図であり、図中 1 はレーザー装置、2 は集光レンズ、3 はレーザービームを所要の位置迄導く光ファイバ、4 は集光レンズ、5 は人眼、6 は瞳を示している。

【0005】

前記レーザ装置 1 から発せられた開き角 θ のレーザビーム 10 は前記集光レンズ 2 によって集光され、前記光ファイバ 3 に入射する。尚、開き角 θ は開口数 NA に近似されるので、以下は開き角を開口数 NA として説明する。前記レーザビーム 10 は開口数 NA_i で前記光ファイバ 3 に入射し、該光ファイバ 3 から開口数 NA_e で射出し、更に前記集光レンズ 4 により集光され、前記人眼 5 に照射される。前記集光レンズ 4 で集光されたレーザビーム 10 のうち、前記瞳 6 が持つ開口数 NA_m に相当する部分が前記人眼 5 の眼底に照射され、患部の光凝固を行う。

【0006】

図 5 は前記光ファイバ 3 に入射するレーザビーム 10 の開口数 NA_i と射出する開口数 NA_e 及び前記光ファイバ 3 が持つ開口数 NA_f との関係を示すものであり、これらの開口数は $NA_i < NA_e < NA_f$ の関係を持っている。

【0007】

上記光凝固装置に於いて、前記光ファイバ 3 から射出されるレーザビーム 10 をそのまま前記人眼 5 に照射する場合は、前記瞳 6 の開口数は $NA_m \leq 0.06$ であり、又前記レーザビーム 10 が射出される光ファイバ 3 の開口数は $NA_f = 0.12$ である。従って、前記光ファイバ 3 に入射するレーザビーム 10 の開口数が多い場合は、前記光ファイバ 3 から射出されるレーザビーム 10 の開口数も前記瞳 6 の開口数 NA_m に対して大きくなる。

【0008】

前記光ファイバ 3 から射出されるレーザビーム 10 が等倍若しくは縮小倍率で網膜に光ファイバ像を投影し、光凝固する場合、図 4 に見られる様に前記レーザビーム 10 の周辺部は前記瞳 6 に遮られ、前記レーザビーム 10 の中心部分の光束しか眼底に投影されず、光損失が著しく増加する。前記レーザ装置 1 から発せられるレーザビーム 10 が十分な光量を有している場合は支障ないが、前記レーザ装置 1 の光源が半導体レーザの様な場合は、眼底に到達するレーザビーム 10 の大きな光量を得ることが難しく、治療に十分な光量を得ることが難しくなる。

【0009】

又、前記光ファイバ3に入射するレーザビーム10の開口数 NA_i を小さくすると、射出されるレーザビーム10の開口数 NA_e も小さくなり、前記瞳6を通して眼底に照射されるレーザ光線の損失を低減することができる。従って、前記レーザ装置1から射出されるレーザビーム10の開口数 NA_i を小さくして前記光ファイバ3に入射させることも行われている。

【0010】

然し乍ら、前記レーザビーム10の開口数を小さくして前記光ファイバ3に入射させると、前記レーザビーム10が前記光ファイバ3内を透過する際に励起される伝播モード間の干渉により、照射点での光強度分布が不均一となる。干渉を起した状態のレーザビーム10の照射点での状態を図6(C)、図6(D)に示し、図6(A)、図6(B)では前記レーザビーム10の光強度が均一なトップハット状の光強度分布を示している。両者を比較すると、干渉を起したレーザビーム10では照射点に斑点が見られ、又光強度分布に大きなバラツキがあることが分る。光凝固の施術を行う場合は、照射点での斑点、レーザビーム10の光強度分布は治療効果に影響する。

【0011】

この為、例えば非特許文献1に示されている様に、光ファイバから射出されるレーザビームをマイクロレンズアレイ、アキシコンレンズ等の光学部材を用いて光強度を均一にしている。

【0012】

又、簡便な方法として網膜上に焦点を結ばず、デフォーカスの状態とし、光強度の不均一を平均化する方法がある。例えば、特許文献1に示される。

【0013】

【特許文献1】

特開平8-196561号公報

【0014】

【非特許文献1】

CLEO2001, Short Course Notes, SC1
17, Laser Beam Analysis, Propagation, a

nd Shaping Techniques, 著者 James R. Leg
er, 2001年5月7日

【0015】

【発明が解決しようとする課題】

上記した従来のマイクロレンズアレイ、アキシコンレンズ等の光学部材を用いて光強度を均一にする方法では、部品点数が多くなると共にコストが増大する。又、デフォーカスの状態とし、光強度の不均一を平均化する方法では、デフォーカスの状態を維持するのが困難である等の問題を有していた。

【0016】

本発明は斯かる実情に鑑み、簡便な方法で而も光損失が少なく、照射点での光強度分布が均一であるレーザ装置を提供するものである。

【0017】

【課題を解決する為の手段】

本発明は、レーザビーム発光部が光共振部を具備し、射出されるレーザビームのビーム品質のパラメータ M^2 が $8 \leq M^2 \leq 22$ となる様に、少なくとも前記光共振部を構成する共振器の共振器長、反射鏡の曲率の1つを決定したレーザ装置に係るものである。但し、 $M^2 = \pi W \cdot \Theta / \lambda$ (W :レーザビームのビームウエスト、 Θ :広がり角、 λ :レーザビームの波長)

【0018】

又本発明は、ビーム品質のパラメータ M^2 が $8 \leq M^2 \leq 22$ であるレーザビームを射出するレーザ装置を具備する眼科用手術装置に係るものである。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態を説明する。

【0020】

図1は光凝固装置の概略を示しており、図中、図4中に示したものと同等のものには同符号を付してあり、1はレーザ装置、2は集光レンズ、3は光ファイバ、8はスリットランプを示している。前記光ファイバ3は、該光ファイバ3内を伝播するレーザビーム10の伝播モードを全て励起し、伝播モード間の干渉を防

止し、均一な光強度分布とする為のループ部 3 a を具備している。

【0021】

上記した様に、前記レーザ装置 1 から発せられるレーザビーム 10 が前記光ファイバ 3 に入射した際の伝播、更に該光ファイバ 3 から前記スリットランプ 8、人眼（図示せず）に効率良く前記レーザビーム 10 を伝播する為には、開き角 θ の小さいビーム品質が良いものでなければならない。然しビーム品質が良すぎると前記光ファイバ 3 内で励起された伝播モード間で干渉を生じる。この結果、出射される光強度分布に大きな強度ムラ、スペックルノイズが発生してしまい、治療効果を妨げる。

【0022】

一方、強度ムラを無くし均一にするには、モード競合が起きない多モードで伝播する様なビーム品質の悪いものが必要となる。然しビーム品質が悪いと前記スリットランプ 8 との光結合が悪く、光損失が増加する。

【0023】

本発明に係るレーザ装置では、光学系の光学部材間での結合時の光損失（伝送損失）、照射点での光強度分布はいずれもビーム品質に関係していることに着目し、均一な光強度分布を維持し、而も伝送損失を抑制できるビーム品質で前記レーザビーム 10 を射出する様にするものである。

【0024】

先ず、該レーザビーム 10 の品質を表すパラメータとして、 M^2 があり、該 M^2 は以下の如く定義される。

【0025】

ビームウエスト W 、広がり角 Θ とし、

$$W = M \omega$$

$$\Theta = M \theta$$

$$\theta = \lambda / (\pi \omega)$$

$$W \cdot \Theta = M^2 (\omega \cdot \theta)$$

$$= M^2 \lambda / \pi$$

【0026】

ここで ω 、 θ は、前記レーザビーム 10 の波長 λ に於ける基本モード（ガウスビーム）のビームウエスト、及び広がり角であり、前記レーザビーム 10 の基本モードからのズレを M^2 （M）で表し、レンズ光学系の下では保存量となる。

【0027】

前記光ファイバ 3 を伝播するレーザビーム 10 に対しても同様に定義でき、前記光ファイバ 3（コア径 ϕ 、開口数 NA_f ）への集光ビーム径 D 、入射 NA_i とすれば、光ファイバ 3 への結合条件（ $D \leq \phi$ 、 $NA_i \leq NA_f$ ）を考慮して次式が求まる。但し NA_e は光ファイバ 3 からの出射 NA である。

【0028】

$$\begin{aligned} W \cdot \Theta &= M^2 \lambda / \pi \\ &= D \cdot NA_i / 2 \\ &\leq \phi \cdot NA_e / 2 \quad (NA_i \leq NA_e \leq NA_f) \end{aligned}$$

【0029】

これより次式が求まる。

【0030】

$$M^2 \leq (\pi \phi / 2 \lambda) \cdot NA_e$$

【0031】

一般的に、多モードで前記光ファイバ 3 に入射したレーザビーム 10 のビームプロダクト（ $W \cdot \Theta$ ）は保存せず、前記光ファイバ 3 の長さ、ループ部 3 a の曲率に依存し、ファイバ特性で決まる値（ $\phi \cdot NA_f / 2$ ）迄ビーム品質が劣化する。然し乍ら、前記光ファイバ 3 の長さを数メートル、前記ループ部 3 a を大きな曲率で行う場合、劣化は少なく、前記レーザビーム 10 の光ファイバ 3 入射時の特性をかなり反映する。該光ファイバ 3 への入射 NA の下限値は、射出されるレーザビーム 10 の断面強度分布の均一性から判断される。

【0032】

NA を小さくし、レーザビーム 10 の品質を上げ過ぎると、前記光ファイバ 3 内の伝播モードを励起し、伝播モード間でエネルギーのやり取り（干渉）が発生する。この結果、出射光強度分布に大きな強度ムラ、スペックルノイズが発生してしまい、施術した場合に凝固ムラを起こして治療効果を妨げる。ビーム品質が良

く、 NA_m より小さな NA で人眼 5 に入射できても、干渉ノイズが大きければ使えない。

【0033】

光強度分布の明確な規定は難しいが、前記光ファイバ 3 の屈折率分布（ステップインデックス）に類似したトップハット状の断面光強度分布が最適とされる。従って、平均値からの偏差をノイズと定義すれば、この偏差 Δ が許容値以内であることが求められる。レーザビーム 10 断面内の任意の点の光強度分布を $I(x, y)$ 、断面内の平均値を $\langle I \rangle$ とすれば、偏差 Δ は次式で定義できる。

【0034】

$$\Delta = \sqrt{\iint (I - \langle I \rangle)^2 dx dy} / \langle I \rangle$$

$$\langle I \rangle = \iint I(x, y) dx dy$$

【0035】

経験的に、前記光ファイバ 3 への入射 NA が NA_{min} 以上の時、低ノイズと思われる Δ_{max} 以下となるから、

【0036】

$$NA_{min} \leq NA \leq NA_e$$

【0037】

一方、スリットランプ 8 光学系ではビームプロダクト ($W \cdot \Theta$) が保存される為、等倍若しくは縮小倍率で網膜に光ファイバ像を投影し光凝固する場合、前記スリットランプ 8 からの治療光特性は瞳 6 の NA_m により制限される。即ち NA_m より大きな広がり角 Θ でスリットランプ 8 に入射しても治療に寄与せず、光損失になるだけである。これより光凝固装置として許容できる光ファイバ 3 からの最大出射 NA_{max} は、 NA_m と NA_f の間になる（図 5 参照）。

【0038】

$$NA_e \leq NA_{max} \leq NA_f$$

【0039】

従って前記光ファイバ 3 からの出射 NA として以下の条件が求まる。

【0040】

$$NA_{min} \leq NA_e \leq NA_{max}$$

【0041】

これより許容ビーム品質パラメータ M^2 は
 $M^2_{\min} \leq M^2 \leq M^2_{\max}$ である。

【0042】

図2は典型的な伝播効率及びノイズと M^2 との関係を示しており、図中曲線Aが伝播効率、曲線Bがノイズを示している。

【0043】

光源から光ファイバ3の伝播効率は70%以上、光ファイバ3から角膜（眼底）への伝播を70%以上とすると、総合伝播効率は50%以上が期待できる。

$$\eta_{\min} \geq 50\% \cdots (1)$$

【0044】

又、ノイズの許容レベルを平均値の±10%程度とすれば、

【0045】

$$\Delta_{\max} \leq 1 \text{ (a.u.)} \cdots (2)$$

【0046】

式(1)、式(2)を同時に満たす条件として図2より

$$8 \leq M^2 \leq 22$$

を得る。

【0047】

この範囲のビーム品質のパラメータを有するレーザビーム10を用いた場合、スリットランプ8への伝播用の光ファイバとして一般的なコア径 $\phi 50 \mu\text{m}$ ($NA_f = 0.12$) と $\phi 75 \mu\text{m}$ ($NA_f = 0.12$) が使える。前者の光ファイバを使う場合、 $8 \leq (\pi \phi / 2 \lambda) \cdot NA_e \leq 22$ より $0.06 \leq NA_e \leq NA_f$ の範囲で総合伝播効率50%以上が期待できる。

【0048】

又、後者の光ファイバを使う場合、同様に $0.06 \leq NA_e \leq 0.1$ で総合伝播効率50%以上を期待できる。勿論この範囲で断面光強度分布は均一である。ファイバ仕様が異なれば、光ファイバの出射許容範囲も異なるが、レーザビームのビーム特性の許容範囲は変らない。更にノイズ許容レベルは治療効果との相関

が求められるが、明確な実験例は無く、ここでは典型値として求めた。

【0049】

図3は前記レーザ装置1が具備するLD固体励起レーザの一例を示しており、図3中、11は発光部、12は光共振部である。前記発光部11は励起光としてレーザビーム10を発するLD発光源（半導体レーザ）13、集光レンズ14を具備し、更に前記光共振部12は誘電体反射膜15が形成されたレーザ結晶（例えばNd:YVO₄）板16、誘電体反射膜17が形成された出力ミラー18であり、前記光共振部2に於いてレーザビーム10をポンピングし共振、増幅して出力している。

【0050】

レーザビーム10のビーム特性に大きな影響を持つものは、共振器長（L）、ミラー曲率（R）、活性媒質中での励起体積と発振モード体積の重なり等である。例えば、平面-凹面共振器に於ける基本モード（TEM₀₀; M² = 1）のビームウエスト（ ω_0 ）は、発振波長を λ として次式で与えられる。

【0051】

$$\omega^2 = (\lambda / \pi) (L (R - L))^{1/2}$$

【0052】

一般的に発振（横）モードは、次式のアレンネル数（Fresnel number）による回折損失の影響を受け、低次数の発振モードから発振する。

【0053】

$$N = a^2 / (\lambda L)$$

【0054】

ここでaは共振器内の開口である。Nが大きい程回折損失が大きく、発振が阻害される。通常はLを大きくすることで、発振モード次数を下げ基本モードで発振させる。逆にLを小さくすれば、マルチモード（TEM_{mn}; M² > 1）でも発振し易くなる。発振モード体積に対し励起体積が大きいと、マルチモードで発振し易い。通常は基本モードで発振させる為、励起光半径 ω_p は ω_0 に比べて小さめにする（ $\omega_p < \omega_0$ ）が、高出力LDを用いた励起系では（ $\omega_p > \omega_0$ ）とする。この場合、基本モード以外のマルチモード発振体積も励起する為、基本モードば

かりでなく、高次モード ($M^2 > 1$) も発振する。

【0055】

結局、短共振器で且つ基本モードのビームウエストより大きな励起光半径で励起することにより、複数のマルチモードで発振する。実施例では $L \sim 25\text{ mm}$ 、 $R = 100\text{ mm}$ 、 $\omega_p \sim 0.4\text{ mm}$ の条件で、 $M^2 \sim 10$ である。勿論、レーザ媒質の熱レンズ効果、共振器内に挿入される波長変換結晶によっても横モードの発振は影響を受ける。この為、 M^2 を任意のある値に固定するのは困難であるが、所定の範囲内に制御するのは、それ程困難ではない。

【0056】

【発明の効果】

以上述べた如く本発明によれば、レーザビーム発光部が光共振部を具備し、射出されるレーザビームのビーム品質のパラメータ M^2 が $8 \leq M^2 \leq 22$ となる様に、少なくとも前記光共振部を構成する共振器の共振器長、反射鏡の曲率の1つを決定したので、伝送損失を抑え、特別な光学系を用いなくてもスリットランプからのレーザ出射光強度分布が均一で治療効果の高い治療光を得ることができる。

【0057】

又、眼科用手術装置、例えば光凝固装置に最適なビームパラメータを持つレーザを搭載することで、伝送損失を抑制してレーザ装置への制限を軽減する。又、簡単に均一な光強度を得ることが出来る為、複雑な光学系が不要となり、装置が簡略化できる。

【0058】

更に、光強度分布をトップハットにする様な均一なレーザビームが得られ、治療効果を高める等の優れた効果を発揮する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態を示す概略図である。

【図2】

典型的な伝播効率及びノイズと M^2 との関係を示す線図である。

【図 3】

LD 固体励起レーザーの一例を示す説明図である。

【図 4】

従来の光凝固装置の模式図である。

【図 5】

光ファイバに入射するレーザービームの開口数と光ファイバから射出するレーザービームの開口数との関係を示す説明図である。

【図 6】

レーザービームの照射点での斑点、光強度分布を示す説明図であり、(A) (B) はレーザービームの光強度分布が均一な場合、(C) (D) は光強度分布が不均一な場合を示している。

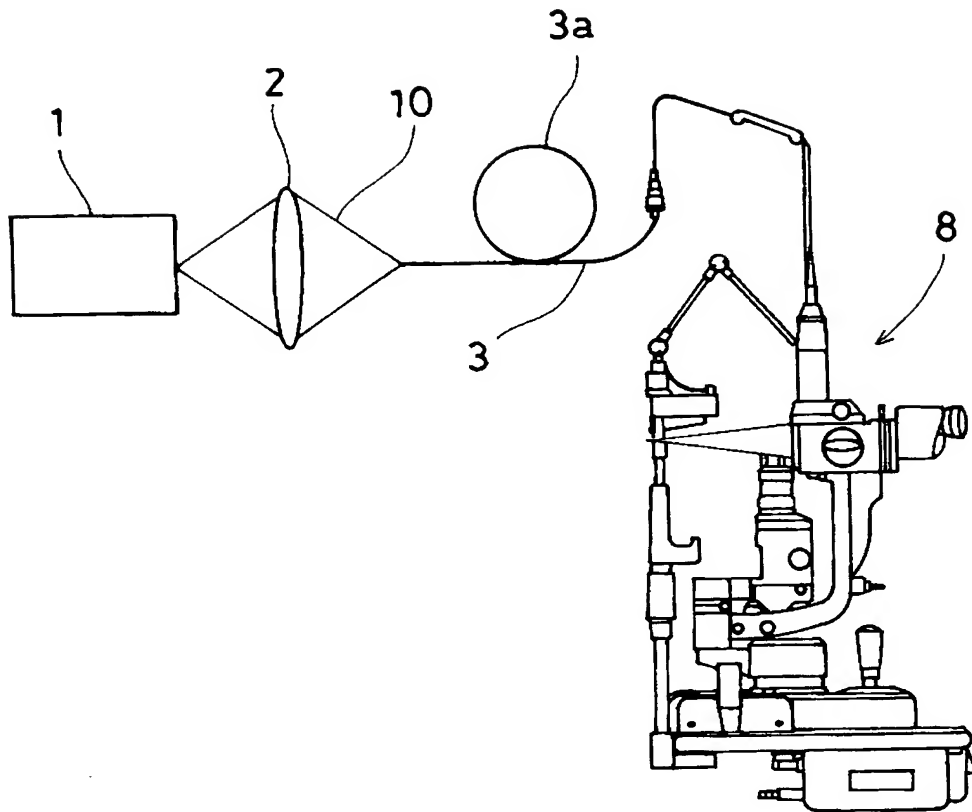
【符号の説明】

1	レーザー装置
2	集光レンズ
3	光ファイバ
4	集光レンズ
5	人眼
6	瞳
8	スリットランプ
10	レーザービーム

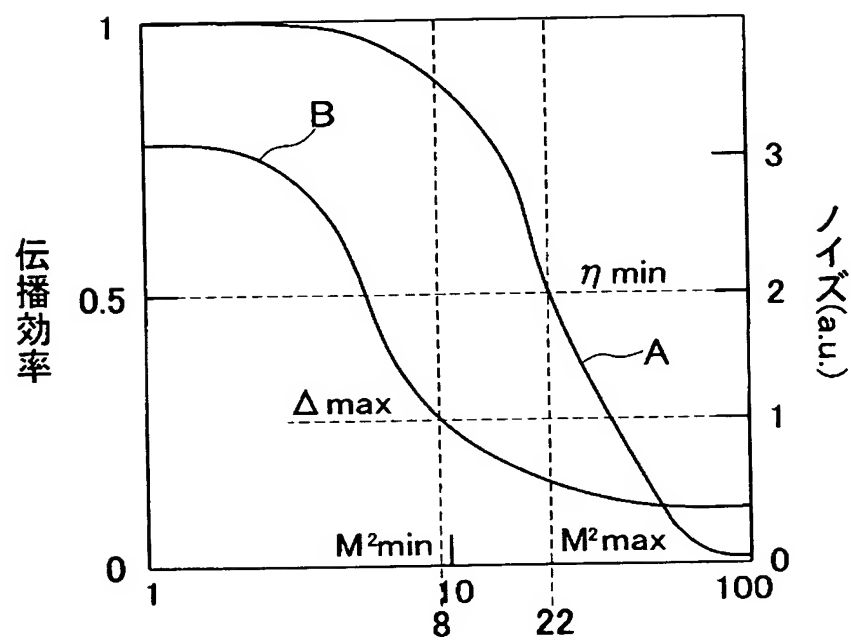
【書類名】

図面

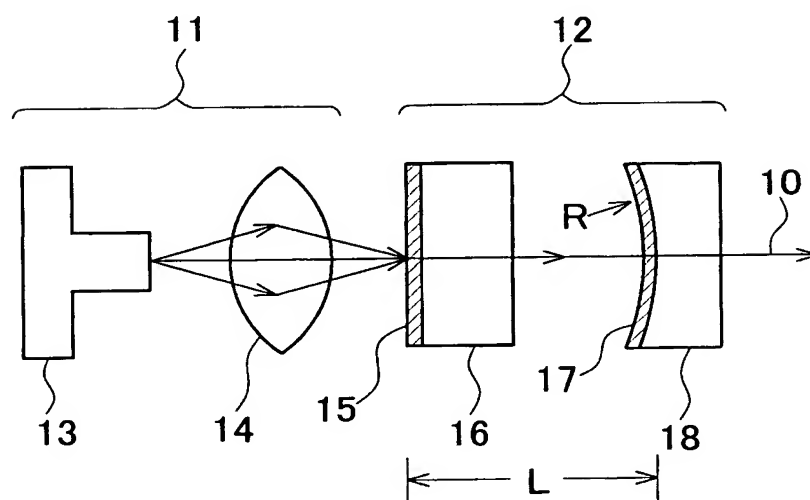
【図1】



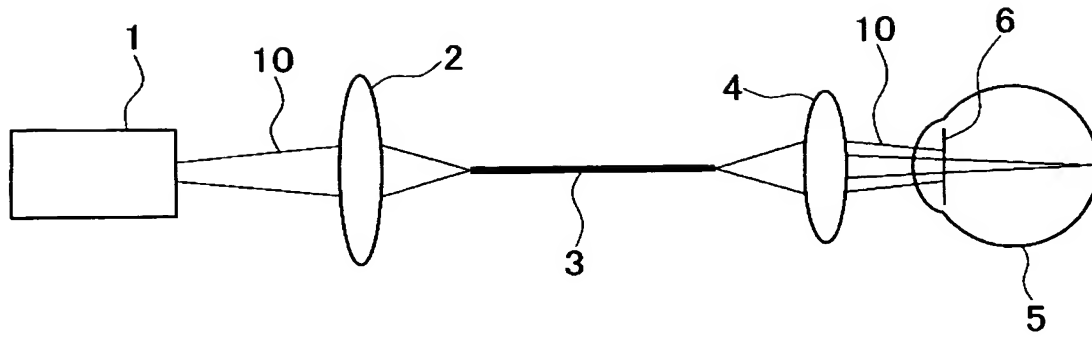
【図 2】



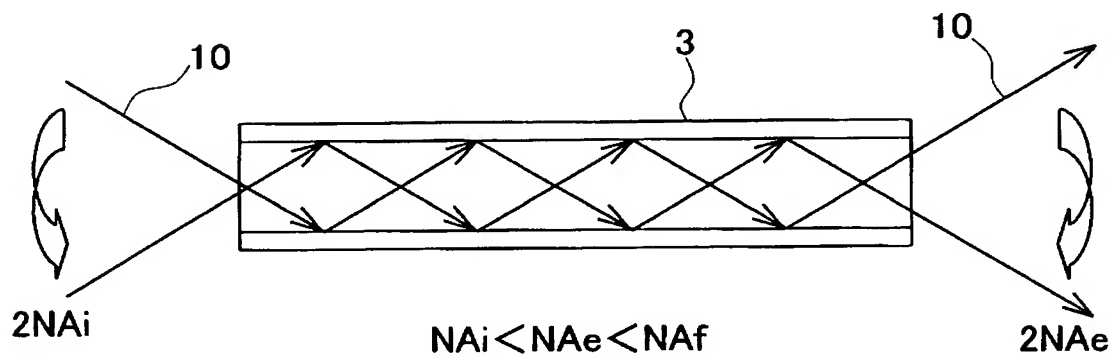
【図 3】



【図 4】

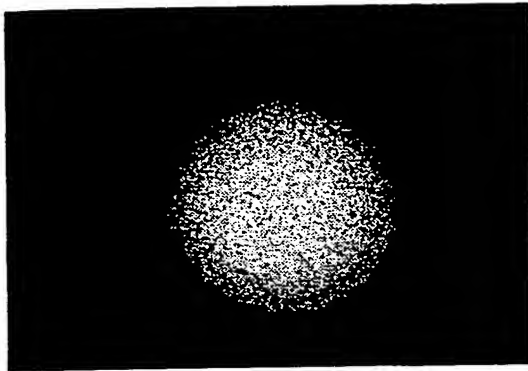


【図 5】

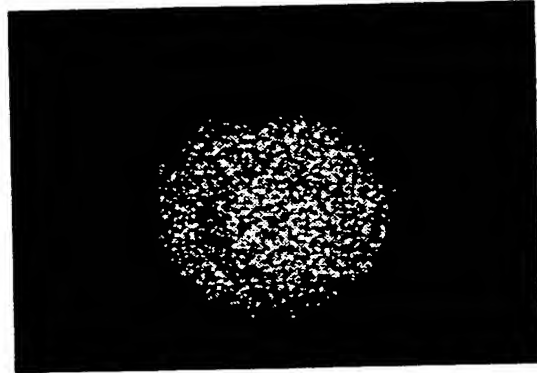


【図 6】

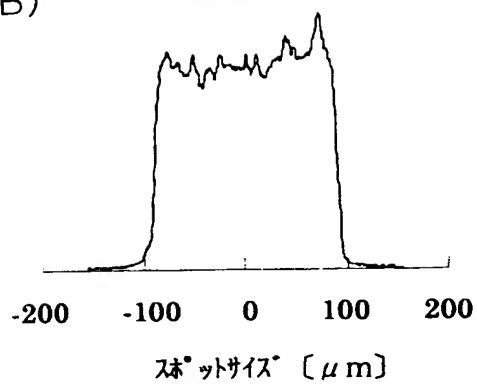
(A)



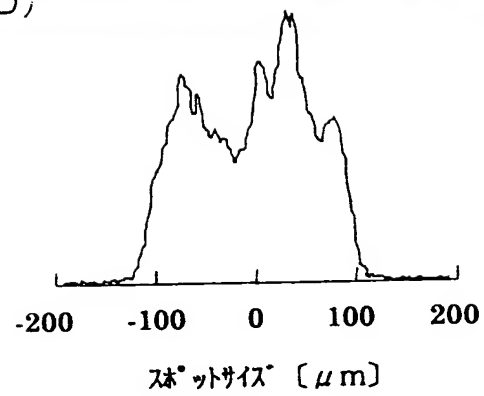
(C)



(B)



(D)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

簡便な方法で而も光損失が少なく、照射点での光強度分布が均一であるレーザー装置を提供する。

【解決手段】

レーザービーム発光部が光共振部を具備し、射出されるレーザービームのビーム品質のパラメータ M^2 が $8 \leq M^2 \leq 22$ となる様に、少なくとも前記光共振部を構成する共振器の共振器長、反射鏡の曲率の 1 つを決定した。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 0 4 9 5 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 2 2 0 3 4 3]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号

氏 名

株式会社トプコン